

# BATERAI CERDAS DARI ELEKTROLIT POLIMER KITOSAN-PVA DENGAN PENAMBAHAN AMONIUM NITRAT

## *Smart Battery from Chitosan-PVA Polymer Electrolyte with The Addition of Ammonium Nitrate*

**Bambang Riyanto<sup>1</sup>, Akhiruddin Maddu<sup>2</sup>, Ratna Sari Dewi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

<sup>2</sup>Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Institut Pertanian Bogor

\*Korespondensi: Jalan lingkaran Akademik, Kampus IPB Dramaga Kabupaten Bogor 16680 telp 0251 8622915  
fax 0251 8622916 email: bambangriyanto\_ipb@yahoo.com

### Abstract

Batteries are practical and inexpensive source of energy. A variety of new battery material technology continue to be developed, along with the demands of green technology. Chitosan is a biopolymer, non-toxic, and the nitrogen atom in the amine and hydroxyl group has free electron, so that can be used as an electrolyte polymer which has good ionic conductivity and can be fabricated as batteries. The purpose of this study was to determine the characteristics of polymer electrolyte *chitosan-PVA* batteries with addition of ammonium nitrate. The best material formulation obtained of polymer electrolyte made from 40 wt% chitosan, 60 wt% PVA, and 6% glutaraldehyde. SEM showed that the polymer electrolyte formed was very homogeneous. X-ray diffraction (XRD) showed an amorphous structure. The ion conductivity tends to increase along with the increasing of added ammonium nitrate. The conductivity value obtained was  $2.2 \times 10^{-5} \text{ S cm}^{-1}$  for the sample by addition ammonium nitrate 35 wt%. Chitosan-PVA based battery has voltage 0.95 V, electric current 0.7 mA, and can show a color fading along with decreasing battery power. With this character it can be developed as smart battery.

Key words: battery, chitosan, ion conductivity, polymer electrolyte

### Abstrak

Baterai merupakan sumber energi yang praktis dan murah. Berbagai teknologi material baru dari baterai terus dikembangkan, sejalan dengan tuntutan akan teknologi yang makin ramah lingkungan. *Chitosan* merupakan biopolimer, bersifat tidak beracun, dan memiliki gugus pasangan elektron bebas yang dapat dijadikan elektrolit polimer dengan nilai konduktivitas ion yang baik serta dapat diaplikasikan dalam pembuatan baterai. Tujuan penelitian ini adalah menentukan karakteristik baterai berbahan dasar elektrolit polimer *chitosan-PVA* dengan penambahan amonium nitrat. Formulasi elektrolit polimer terbaik yang digunakan adalah *chitosan* 40 wt%, PVA 60 wt%, glutaraldehid 6%. Hasil SEM menunjukkan bahwa elektrolit polimer yang terbentuk sangat homogen, melalui *X-Ray Diffraction* (XRD) terlihat struktur elektrolit polimer berupa amorf. Nilai konduktivitas ion cenderung meningkat seiring dengan makin tingginya konsentrasi amonium nitrat yang ditambahkan. Nilai tertinggi diperoleh dengan penambahan amonium nitrat 35 wt%, yaitu sebesar  $2,2 \times 10^{-5} \text{ S cm}^{-1}$ . Karakteristik baterai berbahan dasar elektrolit polimer *chitosan-PVA* memiliki nilai tegangan sebesar 0,95 V, arus listrik 0,7 mA serta dapat memperlihatkan adanya perubahan keputihan warna dari makin menurunnya daya baterai. Adanya karakteristik tersebut memungkinkan untuk dikembangkan sebagai baterai cerdas.

Kata kunci: baterai, *chitosan*, elektrolit polimer, konduktivitas ion

## PENDAHULUAN

Baterai merupakan sumber energi yang paling praktis dan murah. Pasaran baterai dunia pada tahun 2007 telah mencapai 50 milyar US\$ dan terus mengalami peningkatan menjadi sebesar 74

milyar US\$ pada tahun 2010 (Freedonia 2011). Perkembangan terbaru teknologi baterai telah mengarah pada baterai dalam bentuk tipis serupa kertas (*Li-ion nanocomposite paper*) (Hu *et al.* 2010).

Baterai berdasarkan prinsip pengoperasian dikategorikan dalam 2 jenis yaitu baterai primer dan baterai sekunder. Komponen utama baterai terdiri atas 3 bagian, yaitu anoda, katoda dan elektrolit. Elektrolit atau konduktor ionik baterai merupakan penyedia sarana transfer ion. Elektrolit ini terdiri atas elektrolit cair dan elektrolit padat. Jenis elektrolit cair memiliki kelemahan, karena rentan terhadap kebocoran dan mudah terbakar. Pemanfaatan elektrolit saat ini lebih banyak dalam bentuk elektrolit padatan (solid). Kecenderungan ini didasarkan pada keamanan, bebas dari kebocoran, mudah dalam pemakaian, serta dapat dibuat dengan dimensi yang lebih kecil seperti lembaran (Linden 2002).

Teknologi material baru baterai terus dikembangkan, terutama untuk penggunaan elektrolit padatan (solid). Kajian mengenai elektrolit polimer dengan polietilen oksida (PEO) dan penambahan titanium dioksida serta aluminium oksida menghasilkan konduktivitas ion sebesar  $10^{-4}$  S cm<sup>-1</sup> (Wang *et al.* 2005). Material yang digunakan pada kajian tersebut diindikasikan masih belum ramah lingkungan, sehingga pengembangan material dasar baru masih terus dilakukan.

*Chitosan* merupakan polimer linear yang tersusun oleh 2000-3000 monomer D-glukosamin (GlcN) dalam ikatan  $\beta$ -(1,4) yang mengandung unit berulang 2-amino-2-deoksi-D-glukopiranos, hasil dari proses deasetilasi *chitin* (Kean dan Thanou 2010). *Chitosan* bila dilarutkan dalam asam mempunyai muatan dwi kutub, yaitu muatan negatif pada gugus karboksilat dan muatan positif pada gugus amina (Kumar 2000). Yahya dan Arof (2002) menyatakan bahwa larutan *chitosan* memiliki sifat polikationik, gugus amina pada *chitosan* dapat berperan juga sebagai pendonor elektronnya. Karakteristik unik tersebut menjadikan *chitosan* sebagai polimer yang dapat diaplikasikan pada berbagai bidang (Pauliukaite *et al.* 2010), antara lain biomaterial untuk aplikasi sensor atau perangkat elektrokromik (Yahya dan Arof 2004).

Majid dan Arof (2005) menyatakan bahwa elektrolit polimer *chitosan* dengan penambahan

45 wt% NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> menghasilkan konduktivitas ion sebesar  $2,53 \times 10^{-5}$  S cm<sup>-1</sup>. Kajian Yahya dan Arof (2003) juga memperlihatkan konduktivitas ion pada elektrolit polimer dengan *chitosan*, lithium asetat dan asam oleat dapat mencapai sebesar  $10^{-5}$  S cm<sup>-1</sup>, disisi lain, Zhang *et al.* (2007) dan Riyanto *et al.* (2010)<sup>b</sup> menyampaikan bahwa kombinasi dari 40 wt% *chitosan* dan 60 wt% polivinil alkohol (PVA) mampu membentuk materi film yang kokoh, namun memiliki kristalinitas rendah. Osman *et al.* (2001) menyampaikan bahwa konduktivitas pada *chitosan* berasal dari pergerakan ion garam, dimana keadaan pergerakan ini selanjutnya dapat diperbaiki dengan adanya penambahan *plasticizer* (bahan pemplastik).

Berbagai kajian tersebut dapat menunjukkan bahwa pembuatan elektrolit polimer dengan *chitosan* memiliki prospek yang sangat baik dan kombinasi dari berbagai material yang ada dapat diarahkan untuk pembuatan baterai. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan karakteristik baterai dari elektrolit polimer *chitosan*-PVA dengan penambahan amonium nitrat.

## MATERIAL DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan meliputi *chitosan* komersial yang dibeli dari CV Dinar Tangerang, dengan spesifikasi nilai Derajat Deasetilasi (DD) *chitosan* menggunakan FTIR sebesar 92,83% (Kasaai 2009), kadar air  $14\% \pm 0,58\%$  (AOAC 1995) dan kadar abu  $1,4\% \pm 0,10\%$  (AOAC 1995); PVA (88% *hydrolyzed*), CH<sub>3</sub>COOH 1% (p.a), garam amonium nitrat (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) (p.a), aquades, glutaraldehida 25% (p.a). Bahan lain yang digunakan meliputi resistor  $560 \pm 5\% \Omega$ , pelat seng sebagai anoda, silinder karbon sebagai katoda.

Alat yang digunakan dalam pembuatan elektrolit polimer meliputi gelas piala, gelas ukur 1 liter, oven, timbangan analitik, termometer, dan wadah kaca berukuran 15x10x5 cm sebagai pencetak lembaran polimer. Alat yang digunakan untuk penganalisisan struktur dari elektrolit polimer antara lain difraktometer merk PAN alitical Type X'Pert PRO, SEM (*Scanning Electron Microscopy*) merk Jsm 6360 LA

dengan menggunakan sinar ion elektron (gun filament) pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 0,006 Å, spektrofotometri *infrared* (FT-IR) model Tensor 37 Bruker dan Perkin Elmer *spectrum one*, LCR ((*Inductance* (L), *Capacitance* (C), *Resistance* (R)) meter Hitester 3522-50 produk Hioki E.E Corporation dan 2 pelat kapasitor yang terbuat dari *stainless steel* berukuran 2 x 2 cm<sup>2</sup> serta multimeter analog merk Winner tipe YX-360TR<sub>E-B</sub>.

### Metode Penelitian

Teknik pembuatan elektrolit polimer yang dilakukan mengacu pada Zhang *et al.* (2007) dan Riyanto *et al.* (2010)<sup>b</sup>, dengan formulasi terbaik yang digunakan adalah 40wt% *chitosan* : 60wt% PVA. Kondisi campuran tersebut selanjutnya dihomogenkan dengan suhu 80 °C selama 5 menit (kondisi yang dilakukan Wang *et al.* 2004). Suhu larutan yang mendekati suhu 25 °C  $\pm$  5 °C, ditambahkan glutaraldehida 6% sebanyak 1 mL (mengacu Sugita *et al.* 2007). Garam amonium nitrat ditambahkan dalam larutan (mengacu Kadir *et al.* 2010) dengan modifikasi penambahan yang diragamkan sebesar 0wt%, 5wt%, 15wt%, 25wt%, 35wt% dan 45wt%. Larutan yang homogen selanjutnya dicetak dengan wadah kaca berukuran 15 x 10 cm, kemudian dikeringkan dalam oven selama 1 jam pada suhu 70 °C dan didiamkan hingga kering pada suhu ruang (25  $\pm$  10 °C) (mengacu Chen *et al.* 2007), selanjutnya dilakukan dokumentasi visual berupa bentuk dan warna serta ketebalan dari bahan elektrolit polimer (mengacu El-hefian *et al.* 2010).

Karakteristik elektrolit polimer yang dilakukan berupa pengukuran konduktivitas ion menggunakan LCR meter pada frekuensi 1 kHz (Yahya dan Arof 2003), SEM (*scanning electron microscope*) (Mohamad *et al.* 2007), *X-ray Diffraction* (Yahya dan Arof 2003), dan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) (Costa-Júnior *et al.* 2009).

Pembuatan baterai mengacu Subban *et al.* (1996), elektrolit polimer dengan nilai konduktivitas ion yang paling tinggi digunakan sebagai baterai. Teknik pembuatan baterai yang dilakukan adalah memotong bahan elektrolit

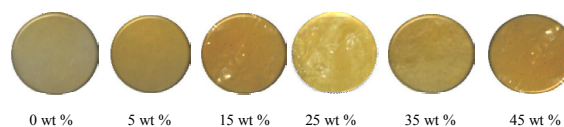
polimer *chitosan-PVA* menjadi ukuran 5 cm x 4 cm, selanjutnya diletakkan diantara anoda dan katoda. Anoda dibuat dari seng dan katoda terbuat dari karbon yang diambil dari baterai bekas.

Baterai dengan elektrolit polimer *chitosan-PVA* yang dibuat diukur menggunakan sistem tegangan rangkaian terbuka menggunakan multimeter YX-360 TR (Ni dan Zhao 2007). Stabilitas baterai dengan elektrolit polimer *chitosan-PVA* dan pembandingannya dengan baterai komersial diukur melalui sistem tegangan tertutup dengan menghubungkan kedua jenis baterai tersebut terhadap *LED lamp-Light Emitting Diode* (Mohamed *et al.* 1995), baterai komersial yang dipergunakan dalam pengukuran sebanyak 1 buah, sedangkan untuk baterai dengan elektrolit polimer *chitosan-PVA* menggunakan 2 buah baterai yang dihubungkan secara seri, selain itu dilakukan pula pendokumentasian visual terhadap perubahan kepadaran warna elektrolit polimer *chitosan-PVA* setiap 4 jam sekali (Riyanto *et al.* 2010<sup>a</sup>).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Bentuk Elektrolit Polimer *Chitosan-PVA*

Bentuk elektrolit polimer *chitosan-PVA* terlihat seperti lembaran plastik tipis tidak mudah putus yang tembus pandang dengan warna yang kekuningan-kuningan dan memiliki ketebalan berkisar antara 0,006-0,018 millimeter. Costa-Júnior (2008) menyampaikan bahwa warna bahan elektrolit polimer umumnya adalah kekuningan yang terbentuk dari ikatan silang antara glutaraldehida dengan *chitosan* dalam formasi *basa schiff*. Berbagai bentuk elektrolit *chitosan-PVA* dengan penambahan ammonium nitrat disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Bentuk dan warna elektrolit polimer *chitosan-PVA* pada berbagai penambahan ammonium nitrat

### Konduktivitas Ion

Pengukuran konduktivitas listrik dilakukan untuk menilai kontribusi berbagai kelompok ion

yang terdapat dalam bahan elektrolit polimer *chitosan-PVA*. Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa elektrolit polimer *chitosan-PVA* tanpa penambahan amonium nitrat (0 wt%) memiliki nilai konduktivitas ion yang paling rendah, yaitu  $4,8 \times 10^{-10} \text{ Scm}^{-1}$ . Penambahan amonium nitrat ternyata dapat meningkatkan nilai konduktivitas ion, penambahan optimum terdapat pada amonium nitrat 35 wt%, yaitu  $2,2 \times 10^{-5} \text{ Scm}^{-1}$ . Peningkatan konduktivitas ion tersebut diduga dari makin tingginya jumlah ion dan mobilitas dari ion-ion yang ada. Osman *et al.* (2001) menyatakan bahwa konduktivitas ion pada elektrolit polimer umumnya dipengaruhi oleh jumlah ion yang bergerak dan pergerakan dari ion tersebut.

Penambahan amonium nitrat 45 wt% menunjukkan nilai konduktivitas ion yang menurun. Majid dan Arof (2005) menyatakan bahwa jumlah ion yang terlalu tinggi dapat menyebabkan mobilitas ion menjadi semakin menurun, karena terjadi kepadatan ion. Majid dan Arof (2007) menyampaikan bahwa jarak antara ion-ion suatu polimer tidak boleh terlalu dekat, karena dapat terjadi penggabungan ion dan membentuk pasangan ion netral yang tidak memberikan kontribusi terhadap konduktivitas. Penambahan amonium nitrat 45 wt% memungkinkan terjadi kepadatan ion, sehingga pergerakan ion semakin berkurang dan menyebabkan nilai konduktivitas ion yang dihasilkan menjadi menurun.

Nilai konduktivitas yang dihasilkan penelitian ini lebih tinggi dibandingkan penelitian Kadir *et al.* (2011), terutama nilai konduktivitas tanpa adanya penambahan amonium nitrat (0 wt%). Nilai konduktivitas dari penelitian ini adalah  $4,8 \times 10^{-10} \text{ Scm}^{-1}$ , sedangkan untuk nilai konduktivitas ion tanpa penambahan amonium nitrat (0 wt%) penelitian Kadir *et al.* (2011), adalah sebesar  $10^{-11} \text{ Scm}^{-1}$ . Perbedaan nilai konduktivitas ion ini diduga disebabkan oleh pemberian glutaraldehid, sehingga dapat membuat struktur lebih *amorf*. Glutaraldehid diduga bertindak sebagai penaut silang membentuk formasi ikatan intra dan antara jaringan (Wang *et al.* 2004).

Elektrolit polimer *chitosan-PVA* yang dihasilkan secara umum telah memenuhi

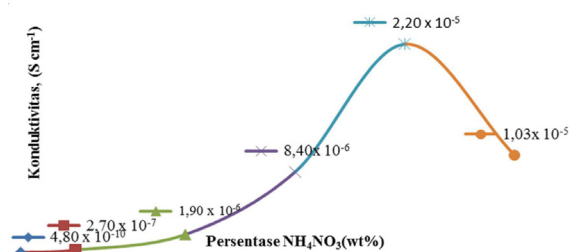
standar, yaitu sebesar  $10^{-7}$ - $10^{-3} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$  (Linden 2002). Elektrolit polimer *chitosan-PVA* dengan penambahan amonium nitrat 35 wt% dapat diaplikasikan sebagai material dalam pembuatan baterai. Pengaruh penambahan amonium nitrat pada elektrolit polimer *chitosan-PVA* terhadap nilai konduktivitas ion disajikan pada Gambar 2.

### Analisis SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Analisis penampang elektrolit polimer *chitosan-PVA* dengan SEM disajikan hanya pada sampel elektrolit polimer *chitosan-PVA* dengan nilai konduktivitas ion yang tertinggi (penambahan amonium nitrat 35wt%). Permukaan elektrolit polimer dalam bentuk lembaran film tampak halus dan terdiri atas butir-butir yang homogen (seragam) yang tersebar di seluruh permukaan dan tidak terlihat gumpalan-gumpalan yang terbentuk serta cenderung berpori (Gambar 3). Kadir *et al.* (2010) menyampaikan bahwa PVA yang dimodifikasi dengan *chitosan* akan terlihat melekat satu sama lain pada bagian permukaan struktur pori.

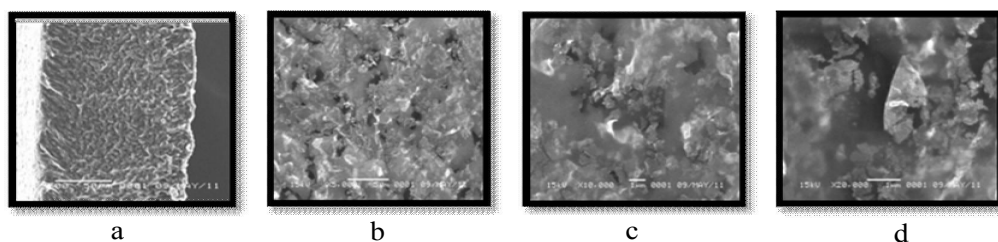
### X-Ray Diffraction (XRD)

Elektrolit polimer *chitosan-PVA* tanpa penambahan amonium nitrat (0 wt%) terlihat pola difraksi sinar-X sampel yang memiliki puncak karakteristik pada  $2\theta=19,8^\circ$ , pola difraksi dengan penambahan amonium nitrat 25 wt% dan 35 wt% memperlihatkan puncak karakteristik yang tidak jauh berbeda, yaitu  $19,3^\circ$  dan  $19,2^\circ$ , sedangkan untuk elektrolit polimer dengan penambahan amonium nitrat 45 wt % menghasilkan sudut tertinggi sebesar  $18,8^\circ$ . Pola spektra elektrolit



Gambar 2 Nilai konduktivitas ion elektrolit polimer *chitosan-PVA* dan kecenderungannya dengan peningkatan persentase amonium nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), — 0 wt%, — 5 wt%, — 15 wt%, — 25 wt%, — 35 wt%, dan — 45 wt%



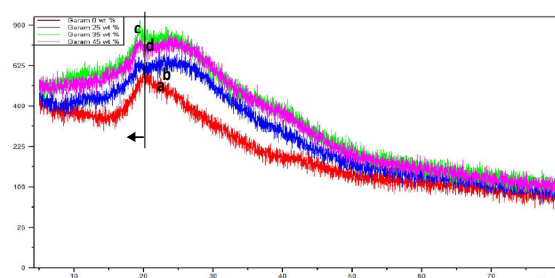


Gambar 3 SEM elektrolit polimer dengan bahan dasar *chitosan-PVA* dengan penambahan garam amonium nitrat terbaik ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  35wt%) pada perbesaran a) 500x, b) 5000x, c) 10.000x, dan d) 20.000x.

polimer *chitosan-PVA* dengan penambahan amonium nitrat disajikan pada Gambar 4.

Zhang *et al.* (2007) menyampaikan bahwa struktur kristal PVA murni memiliki puncak kristal  $11,3^\circ$ ;  $19,4^\circ$ ;  $22,8^\circ$  dan  $40,6^\circ$ , sedangkan untuk *chitosan* murni ditemukan puncak kristal  $10,3^\circ$ ;  $15,2^\circ$ ;  $19,8^\circ$  dan  $21,9^\circ$ , namun setelah dilakukan pencampuran antara *chitosan*, PVA, glutaraldehida, dan garam amonium nitrat, puncak kristalinitas menjadi melebar, hal ini diduga karena terjadi interaksi ikatan antara gugus hidroksil dari PVA, gugus amino atau hidroksi pada *chitosan*, glutaraldehida, serta garam amonium nitrat.

Puncak tertinggi yang muncul pada spektrum merupakan kristal yang berasal dari PVA, selanjutnya menurut Chen *et al.* (2007), penambahan *chitosan* terhadap PVA pada campuran membuat puncak difraksi PVA menjadi lemah dan meluas, karena terjadi interaksi ikatan hidrogen antara *chitosan* dan PVA. Penambahan glutaraldehida sebagai agen penaut silang diduga juga dapat menurunkan sifat kristalinitas dari *chitosan*, hal ini sesuai dengan Costa-Júnior *et al.* (2009) yang menyatakan bahwa kristalinitas relatif dari film *chitosan* murni berkurang sekitar 23% sampai 18%, ketika jaringan polimer berikatan silang dengan glutaraldehida. Chen *et al.* (2007) menyampaikan bahwa terjadinya interaksi ikatan hidrogen antara *chitosan* dan PVA telah membuat struktur kimia film polimer yang dihasilkan sangat kokoh, namun Kadir *et al.* (2011) menyampaikan bahwa walaupun polimer dengan campuran *chitosan* 40% wt dan PVA 60 wt% (2:3) serta penambahan 40%  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  dan 70% etilen karbonat sebagai *plastisizer* mampu menghasilkan nilai konduktivitas ion yang paling tinggi, yaitu  $60 \times 10^{-3} \text{ Scm}^{-1}$ , akan tetapi secara



Gambar 4 Spektra hasil analisis XRD elektrolit polimer *chitosan-PVA* dengan penambahan amonium nitrat (a) 0 wt%, (b) 25 wt%, (c) 35 wt%, dan (d) 45 wt%.

struktur kristalinitas cenderung lebih melemah (makin melebar).

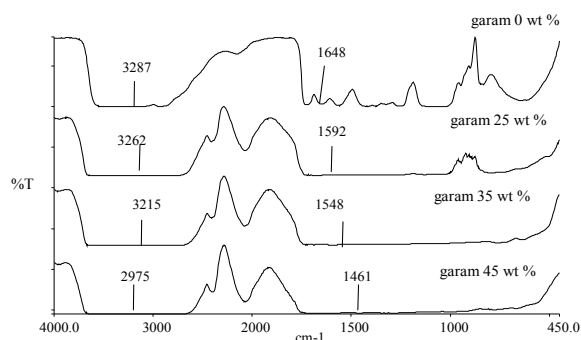
#### Fourier Transform Infrared (FTIR)

Gugus serapan OH dan  $\text{NH}_2$  dengan penambahan amonium nitrat memperlihatkan terjadi penurunan bilangan gelombang. Dugaan ini terjadi akibat terbentuknya interaksi antar makromolekul. Penurunan bilangan gelombang gugus OH hingga penambahan amonium nitrat 35 wt% diduga dikarenakan telah terjadi penggabungan melalui ikatan hidrogen antara gugus hidrogen *chitosan* dan PVA (Gambar 5). Penurunan bilangan gelombang gugus amina dan hidroksida yang terjadi ini sesuai dengan pernyataan Kadir *et al.* (2011), gugus  $\text{NH}_2$  dan OH sampai penambahan optimum amonium nitrat 45 wt% akan menurunkan bilangan gelombang.

Silverstein *et al.* (2005) menyampaikan bahwa pemberian amonium nitrat akan membentuk gugus N-H pada bilangan gelombang  $3115 \text{ cm}^{-1}$  dan  $3024 \text{ cm}^{-1}$ . Selain itu, terbentuk pula gugus  $\text{NO}_3$  pada bilangan gelombang  $825 \text{ cm}^{-1}$ . Pada penambahan amonium nitrat 45 wt%, gugus N-H yang terbentuk mengalami peningkatan bilangan gelombang dibandingkan dengan N-H dari

Tabel 1 Gugus serapan FTIR dari elektrolit polimer *chitosan-PVA*

| Gugus   | OH                       | NH <sub>2</sub>         |
|---|--------------------------|-------------------------|
| <i>Chitosan</i> murni                           | 3431                     | 1591 <sup>a</sup> :1653 |
| Film <i>Chitosan</i>                            | -                        | 1557 <sup>a</sup>       |
| Film PVA  | 3343 <sup>a</sup>        | -                       |
| PVA murni                                       | 3354 <sup>a</sup> : 3439 | -                       |
| <i>Chitosan</i> dan PVA + amonium nitrat 0 wt%  | 3337 <sup>a</sup>        | 1558 <sup>a</sup>       |
| <i>Chitosan</i> dan PVA + amonium nitrat 25 wt% | 3287                     | 1648                    |
| <i>Chitosan</i> dan PVA + amonium nitrat 35 wt% | 3262                     | 1592                    |
| <i>Chitosan</i> dan PVA + amonium nitrat 45 wt% | 3215                     | 1548                    |
|   | 2975                     | 1461                    |

Keterangan : <sup>a</sup> Kadir *et al.* (2011)Gambar 5 Spektrum inframerah dari elektrolit polimer *chitosan-PVA* dengan berbagai penambahan amonium nitrat (a) 0 wt% (b) 25 wt% (c) 35 wt% (d) 45 wt%.

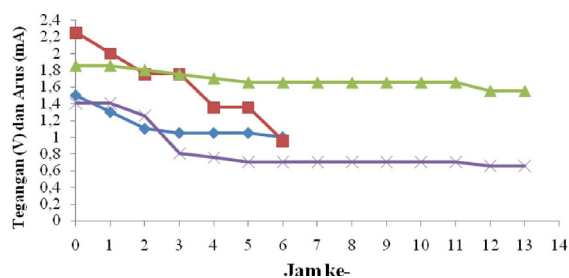
amonium nitrat, hal ini menurut Kadir *et al.* (2011) menunjukkan bahwa telah terjadi penggabungan kembali pada ion garam membentuk sepasang ion netral, sehingga menyebabkan konduktivitas dengan penambahan amonium nitrat 45 wt% menjadi menurun. Kadir *et al.* (2011) menyampaikan bahwa gugus yang berinteraksi dengan *chitosan-PVA* dan amonium nitrat (garam tambahan) adalah gugus amina dan hidroksil. Anion NO<sub>3</sub> tidak berinteraksi dengan elektrolit polimer *chitosan-PVA*, lebih lanjut Hashmi *et al.* (1990) menyampaikan bahwa elektrolit polimer yang dihasilkan menggunakan PEO sebagai polimer dan amonium klorida (NH<sub>4</sub>ClO<sub>4</sub>) sebagai dopan (garam tambahan) menunjukkan bahwa yang bertindak sebagai konduksi adalah ion H<sup>+</sup> yang berasal dari ion amonium, konduksi yang terjadi melalui mekanisme *Grotthus*. Buraidah *et al.* (2009) berpendapat pada *chitosan* dan NH<sub>4</sub>I kompleks, kation dari NH<sub>4</sub>I berkoordinasi dengan atom N pada gugus amina di *chitosan*. Kation NH<sub>4</sub><sup>+</sup> memiliki struktur tetrahedral. Salah satu dari empat atom hidrogen dari ion NH<sub>4</sub><sup>+</sup> lebih lemah

ikatannya dan dapat terpisah dengan mudah di bawah pengaruh medan berlistrik. Hashmi *et al.* (1990) dan Buraidah *et al.* (2009) menyatakan bahwa ion H<sup>+</sup> ini dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain, mengisi daerah yang kosong dengan ion H<sup>+</sup>. Hasil pengujian FTIR elektrolit polimer *chitosan-PVA* selengkapnya disajikan dalam bentuk Tabel 1.

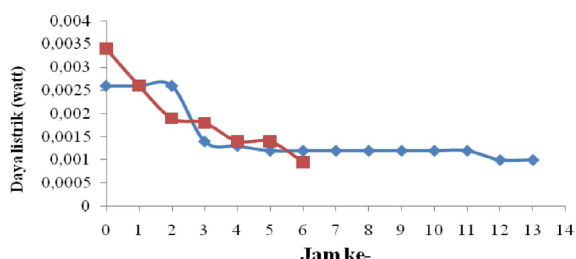
### Karakteristik Baterai

Baterai dibuat dari elektrolit polimer *chitosan-PVA* dengan penambahan amonium nitrat 35wt% (merupakan nilai konduktivitas ion yang tertinggi), serta kombinasi bahan lain berupa karbon sebagai anoda dan seng sebagai katoda. Pengukuran dilakukan dalam sirkuit voltase terbuka, dan diperoleh nilai tegangan untuk 1 buah baterai adalah sebesar 0,95 V dan arus sebesar 0,7 mA. Besarnya tegangan yang dihasilkan tersebut masih sangat kecil dibandingkan dengan baterai yang berada di pasaran yaitu sebesar 1,5 V. Rendahnya nilai tegangan ini diduga dari nilai konduktivitas ion elektrolit polimer yang masih rendah serta perangkaian baterai yang masih dilakukan secara manual, sehingga kerapatan elektrolit polimer *chitosan-PVA* baterai masih belum baik. Linden (2002) menyampaikan bahwa desain baterai dapat mempengaruhi hasil dari tegangan serta arus baterai, akan tetapi baterai dengan elektrolit polimer *chitosan-PVA* ini memiliki kelebihan, yaitu bersifat lebih ramah lingkungan dan lebih fleksibel.

Baterai dengan elektrolit polimer *chitosan-PVA* (kondisi 2 buah baterai secara serie) memiliki nilai tegangan awal sebesar 1,85 V dan arus listrik sebesar 1,4 mA (0,0014 A), sedangkan tegangan dan arus listrik dari baterai komersil (kondisi



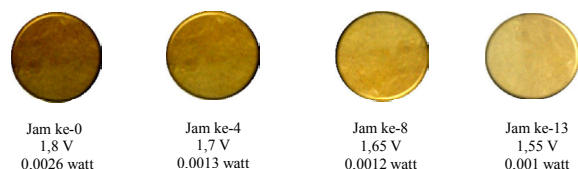
Gambar 6 Perbandingan tegangan dan arus dari baterai komersil dan baterai elektrolit polimer kitosan-PVA (— tegangan baterai komersial-volt, — arus baterai komersial-mA, — tegangan baterai dengan elektrolit kitosan-PVA-volt dan — arus baterai dengan elektrolit kitosan-PVA-mA).



Gambar 7 Stabilitas baterai dengan bahan elektrolit polimer kitosan-PVA (—) dan baterai komersil (—).

hanya 1 buah baterai) adalah sebesar 1,5 V dan 2,25 mA (0,00225A). Perbandingan tegangan dan arus listrik antara baterai elektrolit polimer *chitosan-PVA* dengan baterai komersil selama masa pemakaian selengkapnya disajikan pada Gambar 6.

Stabilitas baterai diamati berdasarkan nilai daya listriknya. Berdasarkan pengamatan yang ada, baterai dengan elektrolit polimer *chitosan-PVA* ternyata lebih lama dibandingkan dengan stabilitas baterai komersial. Penurunan baterai komersil juga cenderung terlihat lebih cepat dibandingkan dengan baterai elektrolit polimer *chitosan-PVA*. Rendahnya stabilitas baterai komersial ini diduga karena bahan elektrolit baterai komersil seluruhnya adalah berupa bahan kimia, sehingga proses reaksi reduksi oksidasi berlangsung sangat cepat. Sequeira dan Santos (2010) menyatakan bahwa keunggulan dari elektrolit polimer adalah memiliki kestabilan kimia dan elektrokimia, sehingga baterai menjadi lebih lama. Kestabilan baterai elektrolit



Gambar 8 Perubahan warna baterai dengan elektrolit polimer kitosan-PVA setelah pemakaian.

polimer *chitosan-PVA* dengan baterai komersil disajikan pada Gambar 7.

Penurunan daya baterai disajikan secara visual dari adanya perubahan warna pada elektrolit polimer *chitosan-PVA* yang semakin memudar akibat pengaruh suhu yang dihasilkan reaksi redoks. Bentuk pemudaran warna yang sejalan dengan penurunan daya baterai disajikan secara lengkap pada Gambar 8. Sotzing (2006) menyatakan bahwa polimer dapat berubah warna jika ada perubahan dalam lingkungannya akibat dari konjugasi polimer. Berdasarkan karakteristik ini dapat juga dinyatakan bahwa baterai dengan elektrolit polimer *chitosan-PVA* berpotensi besar sebagai baterai cerdas.

## KESIMPULAN

Elektrolit polimer baterai dapat dibuat dengan bahan dasar *chitosan*, polivinil alkohol (PVA), glutaraldehid, dan garam amonium nitrat. Nilai optimum konduktivitas ion sebesar  $2,2 \times 10^{-5} \text{ S cm}^{-1}$  serta memiliki fasa amorf. Karakteristik baterai yang dihasilkan memiliki stabilitas daya selama 13 jam dengan kekuatan 0,95 V dan 0,75 mA serta adanya perubahan warna sejalan dengan makin menurunnya daya listrik baterai yang ada.

## DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 1995. *Official methods of Analysis The Association of Official Analytical Chemists*. Virginia, USA: Published by The Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington.
- Buraidah MH, Teo LP, Majid SR, Arof AK. 2009. Ionic conductivity by correlated barrier hopping in  $\text{NH}_4\text{I}$  doped chitosan solid electrolyte. *Physica B* 404 (8-11):1373-1379.
- Chen CH, Wang FY, Mao CF, Yang CH. 2007. Studies of chitosan I. Preparation and characterization of chitosan/poly (vinyl alcohol) blend films. *Polymer Science* 105(1):1086-1092.
- Costa-Junior ES. 2008. Desenvolvimento de matriz de Quitosana/PVA quimicamente reticulada para aplicação potencial em engenharia de tecido



- epithelial. [thesis]. Belo Horizonte: UFMG.
- Costa-Junior ES, Barbosa-stancioli EF, Mansur AAP, Vasconcelos WL. 2009. Preparation and characterization of chitosan/poly(vinyl alcohol) chemically crosslinked blends for biomedical applications. *Carbohydrate Polymers* 76(3):472-481.
- El-hefian E, Nasef MM, Yahaya AH. 2010. The Preparation and characterization of chitosan/poly (vinyl alcohol) blended films. *E-Journal of Chemistry* 7 (4):1212-1219.
- Freedonia. 2011. World battery demand to approach \$ 74 billion in 2010. <http://www.Freedoniagroup.com>. [21 Mei 2011].
- Hashmi SA, Kumar A, Maurya KK, Chandra S. 1990. Proton-conducting polymer electrolyte. I. The polyethylene oxide+ $\text{NH}_4\text{ClO}_4$  system. *Journal of physics. D: Applied physics*. 23:1307.
- Hu L, Wu H, Mantia FL, Yang Y, Cui Y. 2010. Thin, flexible secondary Li-ion paper batteries. *American Chemical Society* 4(10):5843-5848.
- Kadir MFZ, Majid SR, Arof AK. 2010. Plasticized chitosan-PVA blend polymer electrolyte based proton battery. *Electrochimica Acta* 55(4):1475-1482.
- Kadir MFZ, Aspanut, Majid SR, Arof AK. 2011. FTIR studies of plasticized poly (vinyl alcohol)-chitosan blend doped with  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  polymer electrolyte membrane. *Spectrochimica Acta Part A* 78(3):1068-1074.
- Kasaai DR. 2009. Various methods for determination of the degree of n-acetylation of chitin and chitosan: A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(5):1667-1676.
- Kean T, Thanou M. 2010. Biodegradation, biodistribution and toxicity of chitosan. *Advanced Drug Delivery Reviews* 62(1):3-11.
- Kumar RMNV. 2000. A Review of chitin and chitosan applications. *Reactive and Functional Polymers* 46(1):1-27.
- Linden D. 2002. Primary Batteries-Introduction. Di dalam: Linden D, Reddy TB, editor. *Handbook of Batteries 3Ed*. USA: The McGraw-Hill Companies, Inc. 164-200 p.
- Majid SR, Arof AK. 2005. Proton-conducting polymer electrolyte films based on chitosan acetat complexed with  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . *Physica B* 355(1-4):78-82.
- Majid SR, Arof AK. 2007. Electrical behavior of proton-conducting chitosan-phosphoric acid-based electrolytes. *Physica B* 390 (1-2):209-215.
- Mohamad SA, Yahya R, Ibrahim ZA, Arof A.K. 2007. Photovoltaic activity in a ZnTe/PEO-chitosan blend electrolyte junction. *Solar Energy Materials & Solar Cells* 91(13):1194-1198.
- Mohamed NS, Subban RHY, Arof AK. 1995. Polymer batteries fabricated from lithium complexed acetylated chitosan. *Journal of Power Sources* 56(2):153-156.
- Ni N, Zhao K. 2007. Dielectric analysis of chitosan gel beads suspensions: Influence of low crosslinking agent concentration on the dielectric behavior. *Journal of Colloid and Interface Science* 312(2):256-264.
- Osman Z, Ibrahim ZA, Arof AK. 2001. Conductivity enhancement due to ion dissociation in plasticized chitosan based polymer electrolytes. *Carbohydrate Polymers* 44(2):167-173.
- Pauliukaite R, Ghica ME, Fatibello-Filho O, Brett CMA. 2010. Electrochemical impedance studies of chitosan-modified electrodes for application in electrochemical sensors and biosensors. *Electrochimica Acta* 55(21):6239-6247.
- Riyanto B, Maddu A, Hasnedi YW. 2010<sup>a</sup>. Kemasan cerdas pendeteksi kebusukan filet ikan nila. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 13(2):129-141.
- Riyanto B, Suwandi R, Permana ID. 2010<sup>b</sup>. Karakteristik *composite biofiber textile* berbahan dasar kitosan dan polivinil alkohol (PVA) melalui proses pemintalan basah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 13(1):1-13.
- Sequeira CAC, Santos DMF. 2010. Introduction to polymer electrolyte materials. Di Dalam: Sequeira CAC, Santos DMF, editor. *Polymer Electrolytes: Fundamentals and Applications*. Portugal:Woodhead. 632 p.
- Silverstein RM, Webster FX, Kiemle D. 2005. *Spectrometric Identification of Organic Compounds 7th Edition*. New York: John Wiley and Sons Inc. 512p.
- Sotzing. 2006. New color-changing technology has potential packaging, Military, Aerospace Applications. <http://www.sciencedaily.com/releases/2007/07/070723163522.htm>. [ 27 Juli 2011].
- Subban RHY, Arof K, Radhakrishna S. 1996. Polymer batteries with chitosan electrolyte mixed with sodium perchlorate. *Material Science and Engineering*. B38:156-160.
- Sugita P, Sjachrizza A, Rachmanita. 2007. Sintesis dan optimalisasi gel kitosan-karboksimetil selulosa. *Journal Alchemy* 6(1):57-62
- Wang T, Turhan M, Gunasekaram S. 2004. Selected Properties of pH-sensitive, biodegradable chitosan-Poly (Vinyl Alkohol) hydrogel. *Polymer International* 53(7):911-918.
- Wang GX, Yang L, Wang JZ, Liu HK, Dou SX. 2005. Enhancement of ionic conductivity of PEO based polymer electrolyte by the addition of nanosize ceramic powders. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 5(7):1135-40.
- Yahya MZA, Arof AK. 2002. Studies on lithium acetate doped chitosan conducting polymer system. *European Polymer Journal* 38(6):1191-1197.
- Yahya MZA, Arof AK. 2003. Effect of oleic acid plasticizer on chitosan-lithium acetate solid polymer electrolytes. *European Polymer Journal* 39(5):897-902.
- Yahya MZA, Arof AK. 2004. Conductivity and X-ray photoelectron studies on lithium acetate doped chitosanfilms. *Carbohydrate Polymers* 55(1):95-100.
- Zhang Y, Huang X, Duan B, Wu L, Li S, Yuan W. 2007. Preparation of electrospun chitosan/ poly(vinyl alcohol) membranes. *Colloid Polymer Science* 285(8):855-863.